

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	超高層建物の風洞実験により得られた多層層風力に基づく風応答特性 (その1) 風洞実験による風力時刻歴のばらつき
Title	
著者(和文)	佐藤大樹, 吉江慶祐, 平井宏幸, 早田友彦, 北村春幸
Authors	daiki sato, Haruyuki Kitamura
出典 / Citation	日本建築学会大会学術講演梗概集, Vol. B-2, , pp. 605-606
Citation(English)	, Vol. B-2, , pp. 605-606
発行日 / Pub. date	2011, 8
rights	日本建築学会
rights	本文データは学協会の許諾に基づきCiNiiから複製したものである
relation	isVersionOf: http://ci.nii.ac.jp/naid/110009518916

超高層建物の風洞実験により得られた多層層風力に基づく風応答特性
(その1) 風洞実験による風力時刻歴のばらつき

正会員 ○ 佐藤大樹^{*1}
同 吉江慶祐^{*2}
同 平井宏幸^{*1}
同 早田友彦^{*2}
同 北村春幸^{*1}

風洞実験 層風力 モーダル風力
振動モード形状 変動係数

1. はじめに

現在、建物は風荷重に対して弾性範囲で設計が行われている。しかし近年、免震建物の高層化や低降伏点鋼を用いた履歴型制振部材の普及に伴い、風荷重に対して、弾塑性範囲における時刻歴応答解析に基づく評価の必要性が高まっている。時刻歴応答解析による風応答評価は、定常確率過程のモンテカルロ法による評価であり、応答値は多数の統計量として扱う必要がある。既往の風応答評価手法として、文献1), 2) では、三角級数モデルによりシミュレートして作成した模擬風力波形を用いて、アンサンブル数が応答およびエネルギー入力のばらつきに及ぼす影響について検討している。しかし、風力のばらつきが応答およびエネルギー入力に及ぼす影響を詳細に検討した例は少なく、不明な点も多い。また、信頼性の高い風応答評価を行う為には、模擬風力波形に比べ、空間的な相関の分布が自然風により近い風洞実験結果を用いる必要があると考えられる。

以上より、本研究は風洞実験により得られた層風力データを直接用いて、風力のばらつきが応答およびエネルギー入力に与える影響を検討し、時刻歴応答解析による風応答評価を行うための基礎資料を提示することを目的とする。本報その1では、風洞実験により測定された層風力から1次モーダル風力を算出し、風力のばらつきを調べる。

2. 風洞実験概要および検討対象建物

実験気流は「建築物荷重指針」³⁾の地表面粗度区分Ⅲの気流を目標に作成された。図1に平均風速、乱れ強さの鉛直分布を荷重指針値と共に示す。実験模型は高さ $H=50\text{ cm}$ 、平面積 $A=100\text{ cm}^2$ の角柱模型を用いて、辺長比 D/B (D : 奥行き, B : 幅) は 1.0, 1.5, 2.0, 3.0 の4種類とした。層風力は10層分測定し、サンプリング周波数を1000Hzとした。なお、本研究での設計風速 U_H は再現期間500年相当の60.8m/sとしている。本研究におけるその他の実験方法および実験条件については文献4)を参照されたい。図2に本検討に用いる対象建物を示す。本研究では、対象建物を高さ $H=200\text{ m}$ 、幅 $B=50\text{ m}$ 、奥行き $D=50\text{ m}$ 、地上部質量は87500ton(高さ方向に一様)、固有周期 $T_1=5.0\text{ sec}$ と想定した。

3. モーダル風力性状

本検討に用いる風力は風洞実験結果の風向 0° 、地表面粗度区分Ⅲ、 $D/B=1.0, 1.5, 2.0, 3.0$ の風方向、風直交方向

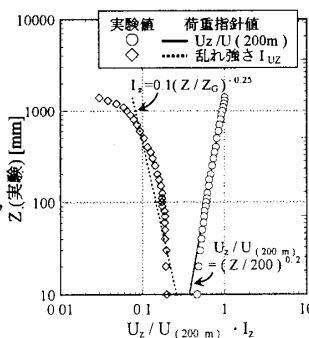


図1 平均風速、乱れ強さの鉛直方向分布

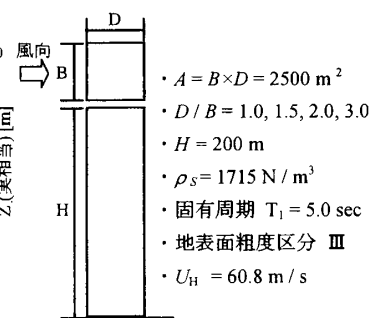


図2 解析対象建物

の風力時刻歴波形から1次モーダル風力を作成して直接を用いた。振動モードは、高層建物の代表として逆三角形分布(以下、 $\beta=1$)と免震構造のような一様分布(以下、 $\beta=0$)の2種類とした(図3参照)。ここで、1次モード $1u_i$ は次式で表せる。

$$1u_i = \left(\frac{Z_i}{H}\right)^\beta \quad (i=1\sim 10) \quad (1)$$

図4に辺長比 $D/B=1.0$ 、振動モード形 $\beta=1$ のモーダル風力時刻歴波形例を示す。図5に $D/B=1.0, 1.5, 2.0, 3.0$ における $\beta=1$ でのモーダル風力のパワースペクトル密度を風方向、風直交方向それぞれ示す。図中の f は振動数、 q_H は建物頂部での速度圧 ($q_H = 1/2\rho U_H^2$, ρ は空気密度)を示す。

本研究で用いる評価時間は、検討対象建物の固有周期 $T_1 (=5.0\text{ sec})$ の120倍の評価時間 $t_e = 600\text{ sec}$ (10分間)と240倍の $t_e = 1200\text{ sec}$ (20分間)とし、風洞実験結果より評価時間部分が重ならないように $600\text{ sec} \times 70\text{ case}$, $1200\text{ sec} \times 30\text{ case}$ をそれぞれ抽出した。本研究では、風洞実験結果から抽出した各風力時刻歴波形ごとに平均風力係数 C_{F1} および変動風力係数 C'_{F1} (評価時間 $t_e = 600\text{ sec}$ では C_{F1} , $C'_{F1} \times 70\text{ case}$, $t_e = 1200\text{ sec}$ では C_{F1} , $C'_{F1} \times 30\text{ case}$) を2(a), (b)式より算出し、そのばらつきを変動係数を用いて評価する。

$$C_{F1} = \frac{\bar{F}_1}{q_H \cdot \sqrt{A \cdot H}}, \quad C'_{F1} = \frac{\sigma_{F1}}{q_H \cdot \sqrt{A \cdot H}} \quad 2(a), (b)$$

ここで、 \bar{F}_1 : 1次モーダル風力の平均値、 σ_{F1} : 1次モーダル風力の標準偏差、 q_H : 建物高さ相当における速度圧を表す。

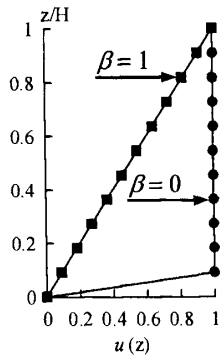


図3 想定振動モード形概要

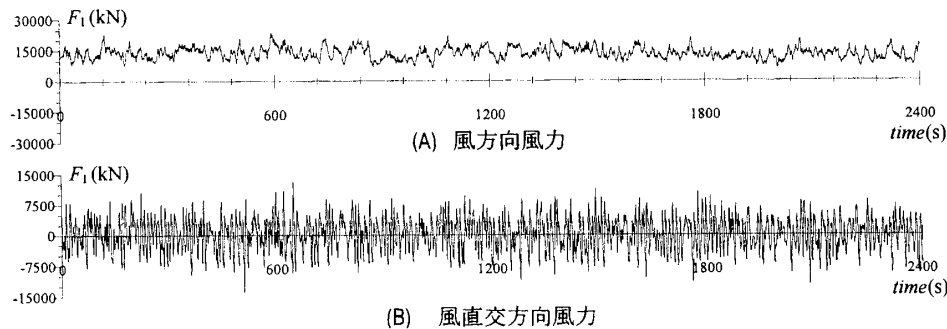


図4 モーダル風力の時刻歴波形例 (評価時間 $t_e=600$ 秒, $\beta=1$, $D/B=1.0$)

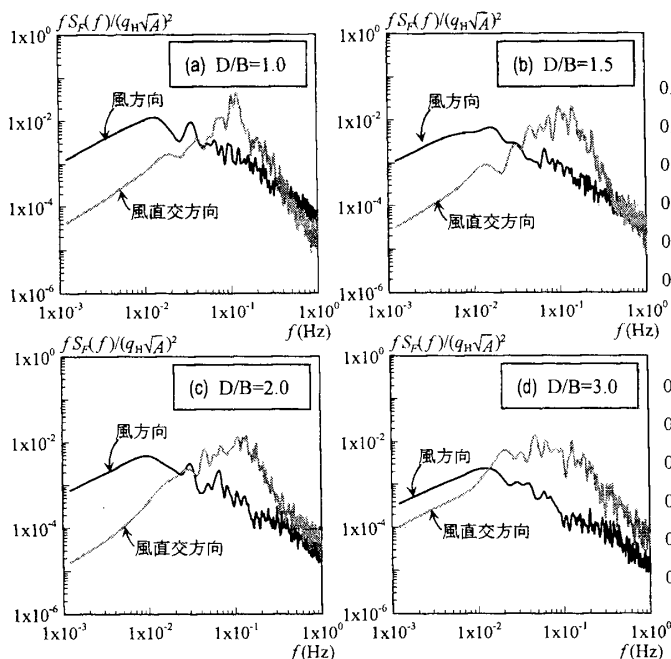


図5 モーダル風力のパワースペクトル密度 (振動モード形 $\beta=1$, 風向 0°)

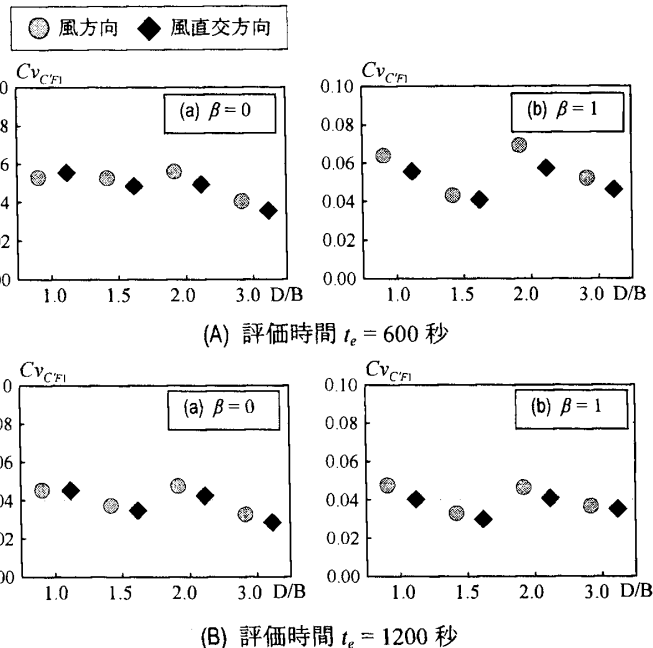


図6 モーダル風力の変動風力係数の変動係数

平均風力係数 C_{F1} および変動風力係数 C'_{F1} の変動係数 $Cv_{C_{F1}}$. $Cv_{C'_{F1}}$ は 3 (a), (b) 式より定義する. なお, 本研究では変動風力係数 C'_{F1} の変動係数のみに注目していく.

$$Cv_{C_{F1}} = \frac{rms C_{F1}}{\mu C_{F1}}, \quad Cv_{C'_{F1}} = \frac{rms C'_{F1}}{\mu C'_{F1}} \quad 3(a), (b)$$

ここで, $rms C_{F1}$: 平均風力係数の標準偏差, μC_{F1} : 平均風力係数の平均値, $rms C'_{F1}$: 変動風力係数の標準偏差, $\mu C'_{F1}$: 変動風力係数の平均値を表す.

図6に辺長比 $D/B = 1.0, 1.5, 2.0, 3.0$ 時の風力方向 (風方向, 風直交方向), 振動モード形 ($\beta = 0, 1$), 評価時間 ($t_e = 600 \text{ sec}, 1200 \text{ sec}$) 毎にモーダル風力の変動風力係数の変動係数を比較したものを示す. 変動風力係数の変動係数は, 風力方向 (風方向, 風直交方向)・辺長比 D/B ・振動モード形 β によらず, 評価時間 $t_e = 600 \text{ sec}$ では 5 ~ 6% (図6(A)参照), $t_e = 1200 \text{ sec}$ では 4% 程度となっていることが

確認できる (図6 (B)参照). 以上より, 風力方向 (風方向, 風直交方向)・辺長比・振動モード形の違いは風力のばらつきに与える影響が小さいと考えられる.

4. まとめ

風洞実験により得られた風力時刻歴波形には, 変動風力係数の変動係数で評価時間 600sec では 5 ~ 6%, 1200sec では 4% 程度のばらつきを含むことを確認した. また, 風力方向・辺長比・振動モード形の違いが風力のばらつきに与える影響は小さいことが解った. 以上の傾向は平均風力係数でも確認することができた.

参考文献

- 1) 吉江慶祐, 北村春幸, 大熊武司, 和田章: 時刻歴風応答解析におけるアンサンブル平均のばらつき, 日本建築学会学術講演梗概集 pp.233-234, 2005.9
- 2) 佐藤大樹, 鈴木悠也, 吉江慶祐, 北村春幸: 変動風力を受ける超高層免震建築物の応答評価に関する研究 (その1), 日本建築学会学術講演梗概集 pp.927-928, 2009.9
- 3) 日本建築学会: 建物荷重指針・同解説(2004), 2004
- 4) 丸川比佐夫, 大熊武司, 北村春幸, 吉江慶祐, 鶴見俊雄, 佐藤大樹: 風洞実験に基づく高層建物の多層層風力によるエネルギー入力性状 (その2) 日本建築学会学術講演梗概集 pp.193-194, 2010.9

*1 東京理科大学

*2 株式会社 日建設計

*1 Tokyo University of Science.

*2 Nikken Sekkei Ltd.